

## Deflection arrangement for electromagnetic radiation or beams in the visual spectral range, especially for laser beams

Patent number: DE19818531

Publication date: 1999-09-16

Inventor: LISSOTSCHENKO VITALY (DE)

Applicant: HENTZE JOACHIM (DE); LISSOTSCHENKO VITALY (DE)

Classification:

- International: G02B27/09; G02B6/42

- european: G02B27/09; G02B26/08R

Application number: DE1981018531 19980424

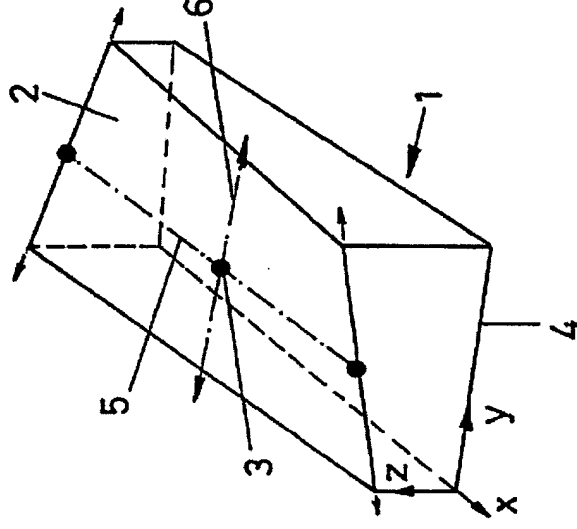
Priority number(s): DE1981018531 19980424; DE1981010245 19980310; US20000657763 20000908

Also published as:

WO9946625 (A1)  
EP1062538 (A1)  
US6437896 (B1)  
EP1062538 (B1)

### Abstract of DE19818531

The deflection arrangement has at least one deflection element (1) with at least one optically active boundary surface (2) which can cause the deflection of the incident beam by refraction of reflection. The boundary surface is curved so that the local inclination of the boundary surface varies continuously in a first direction (x) essentially within the surface perpendicular to the first direction and also essentially within the surface.





19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 18 531 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 02 B 27/09  
G 02 B 6/42

21 Aktenzeichen: 198 18 531.6  
22 Anmeldetag: 24. 4. 98  
43 Offenlegungstag: 16. 9. 99

DE 198 18 531 A 1

66 Innere Priorität:  
198 10 245. 3 10. 03. 98

71 Anmelder:  
Lissotschenko, Vitaly, Dr., 44225 Dortmund, DE;  
Hentze, Joachim, 33189 Schlangen, DE

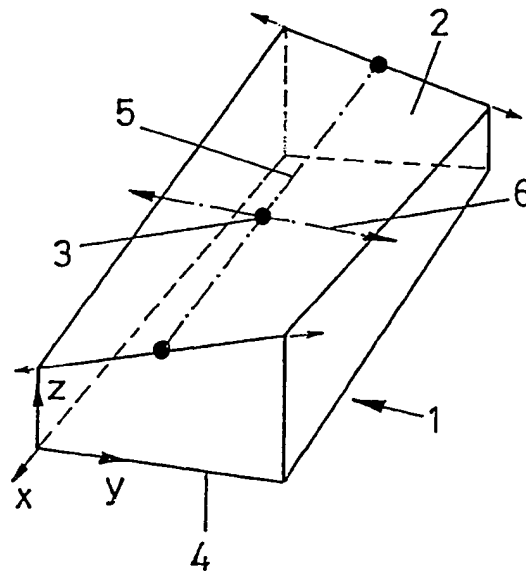
74 Vertreter:  
H. Fritz und Kollegen, 59759 Arnsberg

72 Erfinder:  
Antrag auf Teilnichtnennung  
Lissotschenko, Vitaly, Dr., 44225 Dortmund, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Ablenkvorrichtung für elektromagnetische Strahlen oder Strahlbündel im optischen Spektralbereich

57 Ablenkvorrichtung für elektromagnetische Strahlen oder Strahlbündel im optischen Spektralbereich, insbesondere für Laserstrahlen, umfassend mindestens ein Ablenkelement (1, 18, 21, 30) mit mindestens einer optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22), die durch Brechung oder Reflexion die Ablenkung eines auf sie auftreffenden Strahls (8a-i; 9; 14a-c; 15a, b; 16a, b; 24; 26; 29a-c) bewirken kann, wobei die optisch funktionale Grenzfläche (2, 20, 22) derart gekrümmt ist, daß sich längs einer im wesentlichen in der Grenzfläche (2, 20, 22) liegenden ersten Richtung (x) die lokale Neigung der Grenzfläche (2, 20, 22) bezüglich einer im wesentlichen in der Grenzfläche (2, 20, 22) liegenden, zur ersten Richtung (x) etwa senkrechten Richtung (y) zumindest abschnittsweise stetig ändert. Vorteilhafterweise ist die optisch funktionale Grenzfläche (2) eine tordierte, vorzugsweise propellerähnlich geformte Fläche.



DE 198 18 531 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ablenkvorrichtung für elektromagnetische Strahlen oder Strahlbündel im optischen Spektralbereich, insbesondere für Laserstrahlen, umfassend mindestens ein Ablenkelement mit mindestens einer optisch funktionalen Grenzfläche, die durch Brechung oder Reflexion die Ablenkung eines auf sie auftreffenden Strahls oder Strahlenbündels bewirken kann.

Als Ablenkvorrichtung der vorgenannten Art können beispielsweise vielflächige rotierbare Spiegel Verwendung finden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Matrizen aus Zylinderlinsen zur Strahlablenkung zu benutzen. Um mit derartigen Matrizen einen Strahl in zwei zueinander senkrechte Richtungen abzulenken, sind jedoch zwei Matrizen aus Zylinderlinsen pro Ablenkrichtung erforderlich, so daß für eine Ablenkung in zwei voneinander unabhängige Richtungen insgesamt vier Matrizen aus Zylinderlinsen benötigt werden. Beide vorherbeschriebenen Ablenkvorrichtungen gemäß dem Stand der Technik sind kompliziert aufgebaut und nur mit relativ großem Aufwand herstellbar.

Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem ist die Schaffung einer Ablenkvorrichtung der eingangs genannten Art, die unkomplizierter und kostengünstiger aufgebaut ist.

Dies wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 27 erreicht. Erfindungsgemäß ist die optisch funktionale Grenzfläche derart gekrümmt, daß sich längs einer im wesentlichen in der optisch funktionalen Grenzfläche liegenden ersten Richtung die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche bezüglich einer im wesentlichen in der optisch funktionalen Grenzfläche liegenden, zur ersten Richtung etwa senkrechten Richtung zumindest abschnittsweise stetig ändert. Durch die stetige Änderung der Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche in einer Richtung bezüglich der dazu senkrechten Richtung läßt sich mit einer derartig erfindungsgemäßen optisch funktionalen Grenzfläche ohne großen Aufwand eine Ablenkvorrichtung realisieren. Je nach Auftreffpunkt eines Strahls auf der optisch funktionalen Grenzfläche längs einer vorgegebenen Richtung wird der Strahl unter einem kleineren oder größeren Winkel in die dazu senkrechte Richtung abgelenkt.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat das mindestens eine Ablenkelement eine etwa quaderförmige Gestalt, wobei zwei einander gegenüberliegende Flächen als optisch funktionale Grenzflächen ausgebildet sind. Diese optisch funktionalen Grenzflächen sind tordierte Flächen, die vorzugsweise als unter einem Winkel von 45° aus einer konkav-konvexen Zylinderlinse mit orthogonaler Ausrichtung der Zylinderachsen herausgeschnittene Flächen ausgestaltet sind. Auch bei derartigen Flächen ändert sich längs einer ersten Richtung die lokale Neigung bezüglich einer im wesentlichen senkrecht dazu ausgerichteten Richtung zumindest abschnittsweise stetig. Aufgrund der Tatsache, daß es sich um tordierte Zylinderflächen handelt, ist es sinnvoll, zwei einander gegenüberliegende senkrecht zueinander tordierte Flächen zu verwenden, da dadurch Abbildungsfehler ausgeglichen werden.

Vorteilhafterweise ist das Ablenkelement dazu mit Positionierungsmitteln versehen, die entweder als Verschiebemitte oder aber als Rotierungsmittel ausgeführt sind. Als Verschiebemitte kommen beispielsweise Piezoelemente in Frage, die das Ablenkelement in eine oder zwei zueinander senkrechte Richtungen verschieben können. Weiterhin können Rotierungsmittel Verwendung finden, die das Ablenkelement um eine im wesentlichen senkrecht auf der optisch funktionalen

Grenzfläche stehende Achse zumindest teilweise drehen können. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Verschiebe- und Rotierungsmittel miteinander zu kombinieren, so daß die Richtungen, in die der einfallende Strahl ablenkbar ist, frei wählbar sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die optisch funktionale Grenzfläche eine tordierte, vorzugsweise propellerähnliche Fläche. Hierbei kann das Ablenkelement eine etwa quaderförmige Gestalt haben, wobei die der optisch funktionalen Grenzfläche gegenüberliegende Fläche plan ist. Bei der vorzugsweise propellerähnlichen Fläche ist eine infinitesimal kleine Fläche um einen mittig in der optisch funktionalen Grenzfläche angeordneten Punkt parallel zu der gegenüberliegenden, planen Fläche des Ablenkelements ausgerichtet. Vorteilhafterweise verlaufen in der optisch funktionalen Grenzfläche durch den etwa mittig angeordneten Punkt zwei zueinander etwa senkrecht ausgerichtete Linien, längs derer sich jeweils die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche in Richtung der jeweiligen Linie nicht ändert, wohingegen sich längs jeder der Linien die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche in einer zu der jeweiligen Linie senkrechten Richtung stetig ändert. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß durch Verschiebung des Ablenkelements in eine vorgegebene Richtung der abzulenkende Strahl nur unter mehr oder weniger großem Winkel in eine zu dieser Richtung senkrechte Richtung abgelenkt wird, nicht jedoch in die Richtung, in der das Ablenkelement verschoben wird. Somit können zwei Verschiebemitte, die das Ablenkelement in zwei zueinander senkrechten Richtungen verschieben können, die Ablenkung des Strahls in zwei voneinander unabhängige Richtungen gewährleisten. Weiterhin kann durch Rotation eines derartigen erfindungsgemäßen Ablenkelements ein insbesondere beim Laserstrahlschweißen vorteilhaft einsetzbarer rotierender Fokuspunkt eines abgelenkten Laserstrahls erzeugt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Ablenkvorrichtung eine Anzahl von Ablenkelementen umfassen, die zu einem Array zusammengefaßt sind, wobei die einzelnen Ablenkelemente in jeweils gleicher Orientierung, parallel zueinander, nebeneinander liegend angeordnet sind. Eine derartige Anordnung erlaubt die gleichzeitige Ablenkung mehrerer zueinander parallel verlaufender Strahlen oder Strahlenbündel.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt die Ablenkvorrichtung mindestens eine Ablenkeinheit, wobei die oder jede der Ablenkeinheiten zwei Ablenkelemente umfaßt. Dabei entsprechen sich die optisch funktionalen Grenzflächen der Ablenkelemente der oder jeder der Ablenkeinheiten derart, daß sie zumindest abschnittsweise flächig aneinanderlegbar sind. Hierzu können beispielsweise die gesamten Ablenkelemente identisch geformt sein. Vorteilhafterweise sind in der oder jeder der Ablenkeinheiten die Ablenkelemente so angeordnet, daß deren optisch funktionale Flächen sich in Richtung des abzulenkenden Strahls oder Strahlenbündels im wesentlichen gegenüberliegen, wobei die beiden Ablenkelemente gegeneinander in einer oder zwei zueinander senkrechte Richtungen verschiebbar sind, die im wesentlichen parallel zu den optisch funktionalen Flächen ausgerichtet sind. Eine derartige Anordnung bietet den Vorteil, daß auch ausgedehnte Strahlbündel bei nicht gegeneinander verschobenen, einander direkt gegenüberliegenden Ablenkelementen die aus den beiden Ablenkelementen gebildete Ablenkeinheit unabgelenkt, allenfalls parallel verschoben, durchlaufen. Auch Strahlbündel mit sehr großem Strahlquerschnitt erfahren beim Durchlauf durch eine derartige Ablenkeinheit keine Vergrößerung ihrer Strahldivergenz.

erst durch Verschieben der Ablenkelemente gegeneinander wird eine Ablenkung beispielsweise in einer zu der Verschieberichtung senkrechten Richtung bewirkt, wobei ebenfalls die Strahldivergenz nicht erhöht wird.

Die Ablenkelemente können beispielsweise die im vorgenannten beschriebenen propellerähnlichen Flächen aufweisen. Es besteht aber auch die Möglichkeit, daß die Ablenkelemente einander zugewandte, optisch funktionale Grenzflächen aufweisen, die parabolisch konvex bzw. parabolisch konkav geformt sind.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, in den vorgenannten Ablenkeinheiten anstelle der Ablenkelemente Arrays von Ablenkelementen zu verwenden, wodurch die Möglichkeit geschaffen wird, Strahlen oder Strahlbündel mit noch größerem Querschnitt abzulenken.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß die Ablenkvorrichtung zwei Ablenkeinheiten mit jeweils zwei Ablenkelementen umfaßt. Diese Ablenkeinheiten können dann im Strahlengang des abzulenkenen Strahls oder Strahlbündels hintereinander angeordnet werden, wobei in der ersten Ablenkeinheit eine Ablenkung in einer ersten Richtung und in der zweiten Ablenkeinheit eine Ablenkung in einer zweiten, zu der ersten Richtung senkrechten Richtung, bewirkt wird. Auf diese Weise können die Ablenkungen des Strahls in zwei voneinander unabhängige Richtungen auch räumlich voneinander getrennt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Ablenkelemente aus für die verwendete Wellenlänge des abzulenkenen elektromagnetischen Strahls oder Strahlbündels zumindest teilweise transparentem Material, wie beispielsweise Quarz oder Glas, gefertigt. Alternativ dazu kann die optisch funktionale Grenzfläche mit einer für die verwendete Wellenlänge des abzulenkenen elektromagnetischen Strahls oder Strahlbündels zumindest teilweise reflektierenden Verspiegelung versehen, vorzugsweise mit entsprechendem Material, wie beispielsweise Gold, bedampft und somit in Reflexion zur Strahlablenkung genutzt werden.

Eine weitere erfindungsgemäße Lösung sieht vor, daß die Ablenkvorrichtung eine Ablenkeinheit umfaßt, die aus zwei Ablenkelementen besteht wobei das erste der Ablenkelemente als bikonvexe Zylinderlinse und das zweite der Ablenkelemente als plankonvexe Zylinderlinse ausgeführt ist, wobei die plane optisch funktionale Grenzfläche der zweiten Zylinderlinse einer der konvexen optisch funktionalen Grenzflächen der ersten Zylinderlinse im wesentlichen gegenüberliegt und wobei die Zylinderachsen der Zylinderlinsen leicht gegeneinander verkippt sind. Durch Verschieben der aus den beiden Zylinderlinsen bestehenden Ablenkeinheiten beispielsweise in einer Richtung senkrecht zum einfallenden Strahl, kann der Strahl bzw. das Strahlbündel nach oben oder nach unten abgelenkt werden. Aufgrund der Tatsache, daß drei Zylinderflächen als optisch funktionale Grenzflächen verwendet werden, werden etwaige Abbildungsfehler korrigiert.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Abbildungen. Darin zeigen

**Fig. 1** eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Ablenkelements;

**Fig. 2** eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Arrays aus Ablenkelementen gemäß **Fig. 1**;

**Fig. 3a** eine Hintenansicht eines erfindungsgemäßen Ablenkelements gemäß **Fig. 1** mit darauf auftreffenden Lichtstrahlen;

**Fig. 3b** eine Ansicht gemäß dem Pfeil IIIb in **Fig. 3a**;

**Fig. 3c** eine Ansicht gemäß dem Pfeil IIIc in **Fig. 3a**;

**Fig. 4a** eine Hintenansicht eines erfindungsgemäßen Ablenkelements, das rotierbar gestaltet ist;

**Fig. 4b** eine Ansicht gemäß dem Pfeil IVb in **Fig. 4a**;

**Fig. 4c** eine Ansicht gemäß dem Pfeil IVc in **Fig. 4b**;

**Fig. 5a** eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Ablenkeinheit, die aus zwei erfindungsgemäßen Ablenkelementen besteht;

**Fig. 5b** eine schematische Verdeutlichung des Strahlengangs dreier ausgewählter Lichtstrahlen durch die Ablenkeinheit gemäß **Fig. 5a**;

**Fig. 6a** eine Draufsicht auf die Ablenkeinheit gemäß **Fig. 5a** mit gegeneinander verschobenen Ablenkelementen;

**Fig. 6b** eine schematische Verdeutlichung des Strahlengangs zweier ausgewählter Lichtstrahlen durch die Anordnung gemäß **Fig. 6a**;

**Fig. 7a** eine Draufsicht auf die Ablenkeinheit gemäß **Fig. 5a** mit gegeneinander verschobenen Ablenkelementen;

**Fig. 7b** eine schematische Verdeutlichung des Strahlengangs ausgewählter Lichtstrahlen durch die Anordnung gemäß **Fig. 7a**;

**Fig. 8a** eine Draufsicht auf eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkeinheit;

**Fig. 8b** eine Ansicht gemäß dem Pfeil VIIIb in **Fig. 8a**;

**Fig. 9a** eine teilweise geschnittene Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Ablenkeinheit, die vier Ablenkelemente aufweist;

**Fig. 9b** eine teilweise geschnittene Ansicht gemäß dem Pfeil IXb in **Fig. 9a**;

**Fig. 9c** eine Ansicht gemäß dem Pfeil IXc in **Fig. 9b**;

**Fig. 10** eine Draufsicht auf eine Ablenkeinheit, die aus zwei Arrays von Ablenkelementen besteht;

**Fig. 11** eine perspektivische Ansicht einer konkav-konvexen Zylinderlinse mit orthogonaler Ausrichtung der Zylinderachsen, aus der eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ablenkelements herausgeschnitten werden kann;

**Fig. 12** eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ablenkelements, das aus der in **Fig. 11** abgebildeten Zylinderlinse heraus-schneidbar ist;

**Fig. 13** eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkeinheit;

**Fig. 14** eine Ansicht gemäß dem Pfeil XIV in **Fig. 13**.

Aus **Fig. 1** ist ein erfindungsgemäßes Ablenkelement 1 ersichtlich, das eine im wesentlichen quaderförmige Gestalt mit einer in **Fig. 1** oberen in sich tordierten Fläche 2 aufweist, die als optisch funktionale Grenzfläche Verwendung finden kann. Zur besseren Verdeutlichung ist jeder der Abbildungen ein zwei- oder dreidimensionales Koordinatensystem x, y, z beigelegt. Die tordierte Fläche 2 weist etwa in ihrer Mitte einen Punkt 3 auf, der sich dadurch auszeichnet, daß eine infinitesimal kleine Fläche um ihn herum parallel zu der der Fläche 2 gegenüberliegenden Fläche 4 ausgerichtet ist. Ein in z-Richtung in einem dem Punkt 3 gegenüberliegenden Punkt auf die Fläche 4 auftreffender Lichtstrahl, insbesondere Laserstrahl, wird aus dem Ablenkelement 1 durch den Punkt 3 unabgelenkt hindurchtreten.

Innerhalb der Fläche 2 erstreckt sich durch den Punkt 3 in x-Richtung eine Linie 5 konstanter z-Werte. Infinitesimal kleine Flächen um diese Linie 5 herum weisen zwar längs der Linie 5 unterschiedliche Neigungen in y-Richtung jedoch keinerlei Neigung in x-Richtung auf. Weiterhin erstreckt sich innerhalb der Fläche 2 in y-Richtung durch den Punkt 3 eine zur Linie 5 senkrechte Linie 6 konstanter z-Werte. Infinitesimal kleine Flächen um die Linie 6 herum weisen zwar eine sich längs der Linie 6 stetig ändernde Neigung in x-Richtung, jedoch keinerlei Neigung in der y-Richtung auf. Jede andere infinitesimal kleine Fläche außerhalb

der Linien 5, 6 der tordierten Fläche 2 ist sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung geneigt.

Eine tordierte Fläche 2 wie in Fig. 1 abgebildet, kann man sich beispielsweise dadurch entstanden denken, daß die obere Fläche eines Quaders an ihrer in Fig. 1 vorderen, sich in y-Richtung erstreckenden Kante im Gegenuhrzeigersinn und an ihrer in Fig. 1 hinteren, sich in y-Richtung erstreckenden Kante im Uhrzeigersinn verdreht wird. Punkte längs der Linie 6, die sich parallel zur vorderen und hinteren oberen Kante in y-Richtung etwa in deren Mitte erstreckt, werden nicht mit verdreht. Die tordierte Fläche 2 hat somit eine gewisse Ähnlichkeit mit der Oberfläche eines Propellers. Während die in Fig. 1 vordere Kante mit zunehmenden y-Werten zunehmende z-Werte aufweist, weist die in Fig. 1 hintere Kante mit zunehmenden y-Werten abfallende z-Werte auf. Die in Fig. 1 rechte Kante der tordierten Fläche 2 weist mit zunehmenden x-Werten zunehmende z-Werte auf, wohingegen die in Fig. 1 linke Kante mit zunehmenden x-Werten abnehmende z-Werte aufweist.

Die zwischen der tordierten Fläche 2 und der dieser gegenüberliegenden, planen Fläche 4 des Ablenkelements 1 angeordneten vier Seitenflächen sind jeweils ungleichschenkelig trapezförmig ausgebildet, wobei jeweils die zwischen den Flächen 2, 4 verlaufenden Seitenkanten parallel ausgerichtet sind, in z-Richtung verlaufen und somit die parallel zueinander verlaufenden Seiten dieser Trapeze bilden. Von den nicht zueinander parallelen Seiten jedes der Trapeze stehen die jeweils die Fläche 4 umrandenden Kanten jeweils senkrecht auf den Seitenkanten.

Das abgebildete Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Ablenkelements 1 ist langgestreckt ausgeführt, wobei seine Abmessungen in x-Richtung größer sind als die in y-Richtung. Ebenso besteht die Möglichkeit, die Abmessungen in x-Richtung und y-Richtung gleich groß zu wählen.

Aus Fig. 2 ist ein erfindungsgemäßes Array 7 von Ablenkelementen 1 ersichtlich, das im Prinzip aus einer Vielzahl von parallel zueinander und nebeneinander liegenden Ablenkelementen 1 gebildet ist.

In Fig. 3 wird der Strahlengang von ausgewählten Lichtstrahlen 8a bis 8i, insbesondere Laserstrahlen beschrieben. Die Lichtstrahlen 8a bis 8i fallen in z-Richtung auf die der tordierten Fläche 2 gegenüberliegende plane Fläche 4 des Ablenkelements 1. Aus Fig. 3a sind die Auftreffpunkte der Lichtstrahlen 8a bis 8i ersichtlich. Aus den Ansichten von oben bzw. von der Seite in Fig. 3b und Fig. 3c ist ersichtlich, wie die einzelnen Lichtstrahlen 8a bis 8i durch den Austritt aus der tordierten Fläche 2 nach oben bzw. nach unten sowie nach links bzw. nach rechts abgelenkt werden. Wie bereits im vorgenannten zu Fig. 1 erläuterten, werden die längs der Linie 5 einfallenden Lichtstrahlen 8d, e, f beim Austritt aus der tordierten Fläche 2 nicht in x-Richtung, also nicht nach links oder nach rechts in Fig. 3b abgelenkt. Ebenso werden die längs der Linie 6 einfallenden Lichtstrahlen 8b, 8e, 8h beim Austritt aus der tordierten Fläche 2 nicht in y-Richtung, also nicht nach oben oder nach unten in Fig. 3c abgelenkt. Es zeigt sich jedoch, daß außerhalb der Linien 5, 6 einfallende Lichtstrahlen 8a, 8c, 8g, 8i beim Austreten aus der tordierten Fläche 2 sowohl in x- als auch in y-Richtung abgelenkt werden.

Eine erfindungsgemäße Ablenkvorrichtung kann beispielsweise dadurch erstellt werden, daß ein im vorgenannten beschriebenes Ablenkelement 1 beispielsweise mit einem Antrieb versehen wird, der ein Verfahren in x- und in y-Richtung ermöglicht. Dies kann beispielsweise durch eine handelsübliche Piezoverstellvorrichtung erzielt werden. Ein beispielsweise bei nicht in x- und/oder y-Richtung verschobenem Ablenkelement in dem Punkt 3 gegenüberliegenden Punkt einfallender Lichtstrahl 8e kann dadurch in x-Rich-

tung abgelenkt werden, daß das erfindungsgemäße Ablenkelement 1 nach oben oder nach unten in y-Richtung verfahren wird und der Lichtstrahl somit beispielsweise an Stellen auf die Fläche 4 aufrifft, die den in Fig. 3a dargestellten Auftreffpunkten der Lichtstrahlen 8b und 8h entsprechen.

Eine Ablenkung eines auftreffenden Lichtstrahls in y-Richtung kann dadurch erzielt werden, daß das Ablenkelement 1 in x-Richtung verfahren wird, so daß ein ursprünglich etwa mittig auftreffender Lichtstrahl beispielsweise an Punkten, an denen die Lichtstrahlen 8d und 8f in Fig. 3a auftreffen, aufrifft.

Eine derartige Ablenkvorrichtung eignet sich insbesondere für Lichtstrahlen mit einem relativ kleinen Querschnitt, weil Strahlen mit einem vergleichsweise großen Strahlquerschnitt durch sich deutlich voneinander unterscheidende Bereiche der tordierten Fläche 2 hindurch treten würden, wodurch ein derartiger Strahl nach Durchtritt durch die Fläche 2 stark divergent wäre.

In Fig. 4 ist verdeutlicht, wie ein beispielsweise etwas oberhalb des dem Punkt 3 gegenüberliegenden Punkts auf die Fläche 4 eines Ablenkelements 1 auftreffender Lichtstrahl 9a abgelenkt wird, wenn das gesamte Ablenkelement wie durch den Kreispfeil 10 angedeutet, um eine Achse 11 rotiert, die sich in x-Richtung erstreckt und durch den Punkt 3 hindurchgeht. Der abgelenkte Strahl 9b soll dabei beispielsweise auf eine schematisch in Fig. 4b und Fig. 4c angedeutete Wand 12 auftreffen. Wie aus Fig. 4c ersichtlich ist, beschreibt der auf die Wand auftreffende Strahl 9b einen Kreis entsprechend der Rotation des Ablenkelements 1, wobei der Mittelpunkt dieses Kreises durch den schematisch angedeuteten unabgelenkten einfallenden Strahl 9a gebildet wird.

Es besteht weiterhin die Möglichkeit, die zu Fig. 3 und Fig. 4 geschilderten Ablenkvorrichtungen miteinander zu kombinieren, so daß beispielsweise nach Drehung des Ablenkelements 1 um einen bestimmten Winkel ein Verfahren des Ablenkelements 1 durch beispielsweise Piezoelemente in zueinander senkrechte Richtungen eine Ablenkung eines einfallenden Lichtstrahls in Richtungen  $x'$ ,  $y'$  bewirkt, die gegenüber den ursprünglichen Koordinaten  $x$ ,  $y$  um den durch Rotation des Ablenkelements 1 erzielten Winkel verdreht sind. Eine Kombination der Drehbewegung des Ablenkelements 1 und der linearen Verschiebung in zwei zueinander senkrechten Richtungen ermöglicht somit eine beliebige vielseitige Ablenkung auf das Ablenkelement 1 einfallender Lichtstrahlen.

Aus den Fig. 5 bis Fig. 7 ist eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkvorrichtung ersichtlich, die auch das Ablenken von Strahlen mit größerem Querschnitt ermöglicht. Die darin abgebildete Ablenkvorrichtung umfaßt eine Ablenkeinheit 13, die aus zwei Ablenkelementen 1 besteht. Die beiden Ablenkelemente 1 sind so angeordnet, daß ihre tordierten Flächen 2 einander zugewandt sind, wobei ihre jeweiligen den tordierten Flächen 2 gegenüberliegenden Flächen 4 parallel zueinander ausgerichtet sind. In der in Fig. 5a abgebildeten Ausgangsstellung der Ablenkeinheit 13 sind die beiden Ablenkelemente 1 so zueinander ausgerichtet, daß sie lediglich in z-Richtung voneinander beabstandet sind. Die beiden Ablenkelemente 1 kann man sich der Einfachheit halber dadurch hergestellt denken, daß ein Quader längs der den beiden Ablenkelementen 1 gemeinsamen tordierten Fläche 2 in zwei Teile gespalten wurde. Daran anschließend wurden die beiden Teile längs der z-Richtung ein Stück weit voneinander entfernt.

In Fig. 5a sind auf eine der beiden planen Flächen 4 auftreffende Lichtstrahlen 14a, 14b, 14c eingezeichnet, die die Ablenkeinheit 13 unabgelenkt durchlaufen. Aus Fig. 5b, die schematisch den Durchtritt der einzelnen Strahlen 14a, 14b,

14c durch die Ablenkeinheit 13 zeigt, ist ersichtlich, daß die Strahlen 14a, 14c in y-Richtung zwar etwas parallel versetzt zum einfallenden Strahl 14a, 14c aus dem in Fig. 5b rechten Ablenkelement 1 austreten, sich jedoch weiterhin exakt in z-Richtung bewegen.

Aus Fig. 6 und Fig. 7 ist jeweils ersichtlich, daß eine Verschiebung der Ablenkelemente 1 gegeneinander in x-Richtung eine Ablenkung der einfallenden Strahlen 15a, 15b bzw. 16a, 16b in positiver bzw. negativer y-Richtung bewirkt. Die parallel auf die Ablenkeinheit 13 auftreffenden Strahlen 15a, 15b bzw. 16a, 16b verlaufen auch nach der Ablenkung parallel zueinander. Wie auch in den Ausführungsformen zu den Fig. 3 und Fig. 4 können auch hier die einzelnen Ablenkelemente 1 linear gegeneinander durch Piezoelemente oder dergleichen verfahren werden. Es besteht weiterhin die Möglichkeit, die in Fig. 5 bis Fig. 7 abgebildeten Ablenkelemente 1 sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung gegeneinander verfahrbar zu gestalten.

Aus Fig. 8 ist eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkeinheit 17 ersichtlich. Die Ablenkeinheit 17 umfaßt ein erstes Ablenkelement 18, das eine plane in Fig. 8a links angeordnete Eintrittsfläche 19 in der x-y-Ebene und eine dieser in z-Richtung gegenüberliegende konvexe, parabolisch geformte Fläche 20 umfaßt. Die Ablenkeinheit 17 umfaßt weiterhin ein zweites Ablenkelement 21, dessen dem ersten Ablenkelement 18 zugewandte Fläche 22 konkav, parabolisch geformt ist. Die dieser Fläche 22 gegenüberliegende Fläche 23 in z-Richtung befindet sich wiederum in der x-y-Ebene und ist plan gefertigt. Wie bei dem Ausführungsbeispiel zu den Fig. 5 bis Fig. 7 entsprechen sich auch in dem Ausführungsbeispiel in Fig. 8 die beiden einander zugewandten parabolischen Flächen 20, 22 so, als ob ein kubischer Körper längs dieser Flächen 20, 22 gespalten worden wäre, wobei nach dem Spalten die beiden Teile in z-Richtung voneinander beabstandet wurden.

Ein etwa mittig auf die plane Eintrittsfläche 19 des ersten Ablenkelements 18 auftreffender Strahl 24 wird, wie dies aus Fig. 8a ersichtlich ist, die Ablenkeinheit 17 unabgelenkt passieren. Wenn wie in Fig. 8b abgebildet, das zweite Ablenkelement 21 gegenüber dem ersten Ablenkelement 18 beispielsweise in x-Richtung verschoben ist, wird der Strahl 24 ebenfalls in x-Richtung abgelenkt. Eine derartige Ablenkeinheit 17 eignet sich zwar für relativ große Strahlquerschnitte, nicht jedoch für große Ablenkungen, weil zum einen aufgrund der relativ nah aneinanderliegenden parabolischen Flächen 20, 22 eine Verschiebung der Ablenkelemente 18, 21 gegeneinander nur über sehr kurze Distanzen möglich ist. Weiterhin würde bei stark gegeneinander verschobenen Ablenkelementen 18, 21 aufgrund der parabolischen Oberflächen 20, 22 ein linear mit der Verschiebung der Ablenkelemente 18, 21 anwachsender Ablenkungswinkel des Strahls 24 nicht erzielbar sein.

Aus Fig. 9 ist eine weitere erfindungsgemäße Ablenkvorrichtung ersichtlich, die zwei Ablenkeinheiten 13, 25 aus jeweils zwei langgestreckten Ablenkelementen 1 umfaßt. Die Ablenkeinheiten 13, 25 sind senkrecht zueinander ausgerichtet, so daß durch Verschieben der Ablenkelemente 1 der ersten Ablenkeinheit 13 in ihren Längsrichtungen gegeneinander ein einfallender Strahl 26 in y-Richtung und durch Verschieben der Ablenkelemente 1 der zweiten Ablenkeinheit 25 in ihren Längsrichtungen gegeneinander ein einfallender Strahl 26 in x-Richtung abgelenkt werden kann. Aus Fig. 9c ist ersichtlich, wie ein zur Verdeutlichung auf eine Wand 27 auftreffender Lichtstrahl 26 von seiner ursprünglichen Richtung, die schematisch durch den Punkt 3 des in z-Richtung ersten Ablenkelements 1 verdeutlicht ist, sowohl in x-, als auch in y-Richtung abgelenkt ist.

Aus Fig. 10 ist eine Ausführungsform einer erfindungsgemä-

mäßen Ablenkvorrichtung ersichtlich, die eine Ablenkeinheit 28 aufweist, die aus zwei Arrays 7 von Ablenkelementen 1 besteht. Die beiden Arrays 7 sind in x-Richtung gegeneinander verschoben, so daß auf das erste Array 7 auftreffende parallele Strahlen 29a, 29b, 29c durch die Ablenkeinheit 28 in y-Richtung parallel zueinander abgelenkt werden. Durch Verwendung derartiger gegeneinander in x- oder y-Richtung verschiebbarer Arrays 7 können auch Strahlen mit sehr großem Querschnitt problemlos beliebig abgelenkt werden.

Aus Fig. 12 ist ein weiteres erfindungsgemäßes Ablenkelement 30 ersichtlich. Das erfindungsgemäße Ablenkelement 30 kann beispielsweise aus einer konkav-konvexen Zylinderlinse 31 mit orthogonaler Ausrichtung der Zylinderachsen herausgeschnitten werden. Dies ist in Fig. 11 verdeutlicht, wo gezeigt ist, daß das Ablenkelement 30 obere Längskanten aufweist, die in einem Winkel von 45° zu den Zylinderachsen der Zylinderlinse 31 ausgerichtet sind. Aufgrund der Geometrie des Ablenkelements 30 verhält sich dieses optisch sehr ähnlich wie das Ablenkelement 1, das eine iordierte, optisch funktionale Fläche 2 aufweist. Bei dem Ablenkelement 30 wird der Ablenkeffekt dadurch verstärkt, daß die in Fig. 12 in z-Richtung gegenüberliegenden Flächen beide als optisch funktionale Grenzflächen Verwendung finden können. Es besteht auch die Möglichkeit, die Ablenkelemente 30 zu Arrays von Ablenkelementen 30 zusammenzufassen.

Aus Fig. 13 und Fig. 14 ist eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Ablenkeinheit 40 ersichtlich. Die Ablenkeinheit besteht aus zwei Zylinderlinsen 32, 33, von denen eine als bikonvexe Zylinderlinse 32 mit optisch funktionalen Grenzflächen 36, 37 und die andere als plankonvexe Zylinderlinse 33 mit optisch funktionalen Grenzflächen 38, 39 ausgebildet ist. Wie aus Fig. 13 und Fig. 14 ersichtlich ist, sind die beiden Zylinderlinsen 32, 33 so angeordnet, daß eine der optisch funktionalen Grenzflächen 37 der ersten Zylinderlinse 32 im wesentlichen längs der planen optisch funktionalen Grenzfläche 38 der zweiten Zylinderlinse 33 verläuft. Die erfindungsgemäße Ablenkfunktion wird dadurch erzielt, daß die Zylinderlinse 33 etwas aus der x-z-Ebene heraus gekippt ist, so daß die in Fig. 13 die aneinanderliegenden optisch aktiven Grenzflächen 37, 38 begrenzenden oberen Kanten der Zylinderlinsen 32, 33 beispielsweise einen Winkel von etwa 5° bis 10° gegeneinander aufweisen.

In Fig. 13 und in Fig. 14 sind Parallelstrahlenbündel 34a, 34b, 34c abgebildet, die von rechts, das heißt in relativer z-Richtung auf die in den Fig. 13 und Fig. 14 rechte optisch funktionale Grenzfläche 39 der Zylinderlinse 33 einfallen. Es ist ersichtlich, daß durch die Zylinderfläche 39 die abgebildeten Strahlenbündel 34a, 34b, 34c auf die gegenüberliegenden plane Grenzfläche 38 fokussiert werden.

Die aus der Grenzfläche 38 austretenden Strahlenbündel treten in die Zylinderfläche 37 derart ein, daß die drei Fokuspunkte der Strahlenbündel 34a, 34b, 34c auf einer Linie liegen, die gegenüber der Zylinderachse der Zylinderfläche 37 um einen Winkel verkippt ist, der dem Winkel zwischen den beiden Zylinderlinsen 32, 33 entspricht. Da die Brennweite der Zylinderfläche 36 dem Abstand zwischen der Zylinderfläche 36 und der Zylinderfläche 37 entspricht, verlassen die Strahlenbündel 34a, 34b, 34c die Zylinderfläche 36 in negativer z-Richtung als jeweils in sich parallele Strahlenbündel. Aufgrund der Tatsache, daß die Foki dieser Strahlenbündel 34a, 34b, 34c auf der gegenüberliegenden Zylinderfläche 37 auf einer zur Zylinderachse schräg liegenden Linie ausgerichtet sind, weisen die seitlichen, nicht durch die Zylinderachse der Fläche 37 hindurch getretenen Strahlenbündel 34a, 34c eine Strahlkomponente in positiver oder negativer

y-Richtung auf. Dies ist aus Fig. 13 und Fig. 14 ersichtlich.

Die Ablenkeinheit 40 kann also dadurch als Ablenkeinheit verwendet werden, daß sie in positiver oder negativer y-Richtung gegenüber dem einfallenden Strahl als Ganzes verschoben wird und dementsprechend eine Ablenkung der einfallenden Strahlen 34a, 34b, 34c in positiver oder negativer y-Richtung bewirkt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Ablenkeinheit 40 zu Arrays von Ablenkeinheiten 40 zusammenzufassen.

Gemäß den vorbeschriebenen Ausführungsformen wurde die Ablenkung von Lichtstrahlen jeweils durch eine gekrümmte Fläche 2, 20, 22, 36, 37, 39 bewirkt, durch die Lichtstrahlen hindurchtraten. Es besteht aber auch die Möglichkeit, derartige Flächen in Reflexion bei entsprechender Anordnung zu verwenden.

Erfindungsgemäß lassen sich mit den vorbeschriebenen Ablenkvorrichtungen elektromagnetische Strahlen oder Strahlenbündel des optischen Spektralbereichs ablenken. Damit sind Wellenlängen vom VUV bis zum FIR gemeint, die eine Ablenkung durch Brechung und/oder Reflexion zulassen.

#### Patentansprüche

1. Ablenkvorrichtung für elektromagnetische Strahlen oder Strahlbündel im optischen Spektralbereich, insbesondere für Laserstrahlen, umfassend mindestens ein Ablenkelement (1, 18, 21, 30, 32, 33) mit mindestens einer optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22, 36, 37, 38, 39), die durch Brechung oder Reflexion die Ablenkung eines auf sie auftreffenden Strahls (8a-8i; 9; 14a-14c; 15a, 15b; 16a, 16b; 24; 26; 29a-29c) oder Strahlenbündels (34a-34c) bewirken kann, **dadurch gekennzeichnet**, daß die optisch funktionale Grenzfläche (2, 20, 22) derart gekrümmt ist, daß sich längs einer im wesentlichen in der optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22) liegenden ersten Richtung (x) die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22) bezüglich einer im wesentlichen in der optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22) liegenden, zur ersten Richtung (x) etwa senkrechten Richtung (y) zumindest abschnittsweise stetig ändert.
2. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Ablenkelement (1, 18, 21) eine etwa quaderförmige Gestalt hat, wobei die der optisch funktionalen Grenzfläche (2, 20, 22) gegenüberliegende Grenzfläche (4, 19, 23) plan ist.
3. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die optisch funktionale Grenzfläche (2) eine tordierte Fläche ist, die vorzugsweise propellerähnlich geformt ist.
4. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine infinitesimal kleine Fläche um einen etwa mittig in der optisch funktionalen Grenzfläche (2) angeordneten Punkt (3) parallel zu der gegenüberliegenden, planen Grenzfläche (4) des Ablenkelements (1) ausgerichtet ist.
5. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß in der optisch funktionalen Grenzfläche (2) durch den etwa mittig angeordneten Punkt (3) zwei zueinander etwa senkrecht ausgerichtete Linien (5, 6) verlaufen, längs derer sich jeweils die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche (2) in Richtung der jeweiligen Linie (5, 6) nicht ändert, wohingegen sich längs jeder der Linien (5, 6) die lokale Neigung der optisch funktionalen Grenzfläche (2) in einer zu der jeweiligen Linie (5, 6) senkrechten Richtung stetig ändert.

6. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Ablenkelement (30) eine etwa quaderförmige Gestalt hat, wobei zwei einander gegenüberliegende Flächen als optisch funktionale Grenzflächen ausgebildet sind.

7. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die einander gegenüberliegende optisch funktionalen Grenzflächen tordierte Flächen sind, die vorzugsweise als unter einem Winkel von 45° aus einer konkav-konvexen Zylinderlinse (31) mit orthogonaler Ausrichtung der Zylinderachsen heraus-schneidbare Flächen ausgestaltet sind.

8. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung Positioniermittel umfaßt, mit denen die optisch funktionale Grenzfläche (2, 20, 22) relativ zum Strahl (8a-8i; 9; 14a-14c; 15a, 15b; 16a, 16b; 24; 26; 29a-29c) oder Strahlenbündel positionierbar ist.

9. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Positioniermittel Verschiebemitel umfassen, die mit dem mindestens einen Ablenkelement (1, 18, 21, 30) verbunden sind, wobei die Verschiebemitel eine Verschiebung des mindestens einen Ablenkelements (1, 18, 21, 30) bewirken können, um die Ablenkung des Strahls (8a-8i; 9; 14a-14c; 15a, 15b; 16a, 16b; 24; 26; 29a-29c) oder Strahlenbündels zu verändern.

10. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschiebung des Ablenkelements (1, 18, 21, 30) in einer Richtung (x, y) erfolgen kann, die etwa senkrecht zu der Richtung (z) des abzulenkenden Strahls (8a-8i; 9; 14a-14c; 15a, 15b; 16a, 16b; 24; 26; 29a-29c) oder Strahlenbündels ausgerichtet ist.

11. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Verschiebemitel Piezoelemente Verwendung finden.

12. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung mindestens zwei Verschiebemitel umfaßt, die das mindestens eine Ablenkelement (1, 18, 21, 30) in zwei zueinander senkrechten Richtungen (x, y) verschieben können, die vorzugsweise etwa senkrecht zur Richtung (z) des abzulenkenden Strahls (8a-8i; 9; 14a-14c; 15a, 15b; 16a, 16b; 24; 26; 29a-29c) oder Strahlenbündels ausgerichtet sind.

13. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung genau ein Ablenkelement (1, 30) umfaßt, das mit zwei Verschiebemiteln zur Verschiebung in zwei zueinander senkrechten Richtungen (x, y) versehen ist.

14. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Positioniermittel Rotationsmittel umfassen, mit denen das mindestens eine Ablenkelement (1, 30) um eine Achse (11) herum zumindest teilweise drehbar ist.

15. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung eine Anzahl von Ablenkelementen (1, 30) umfaßt, die zu einem Array (7) zusammengefaßt sind, wobei die einzelnen Ablenkelemente (1, 30) in jeweils gleicher Orientierung, parallel zueinander, nebeneinander liegend angeordnet sind.

16. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Array (7) von Ablenkelementen (1, 30) mit Verschiebemiteln ausgestattet ist, die ein Verschieben des Arrays (7) in zwei zueinander senkrechten Richtungen (x, y) erlauben.

17. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung mindestens eine Ablenkeinheit (13, 17, 25, 28) umfaßt, wobei die oder jede der Ablenkeinheiten zwei Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) umfaßt. 5
18. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die optisch funktionalen Grenzflächen (2, 20, 22) der Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) der oder jeder der Ablenkeinheiten (13, 17, 25, 28) sich derart entsprechen, daß sie zumindest abschnittsweise 10 flächig aneinanderlegbar sind.
19. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkelemente (1, 30) der oder jeder der Ablenkeinheiten (13, 25, 28) jeweils identisch geformt sind. 15
20. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß in der oder jeder der Ablenkeinheiten (13, 17, 25, 28) die Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) so angeordnet sind, daß deren optisch funktionale Grenzflächen (2, 20, 22) sich in Richtung (z) des abzulenkenden Strahls (8a-8i; 9; 14a-14c; 15a, 15b; 16a, 16b; 24; 26; 29a-29c) oder Strahlenbündels im wesentlichen gegenüberliegen. 20
21. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß eines oder beide der Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) mit sich im wesentlichen gegenüberliegenden optisch funktionalen Grenzflächen (2, 20, 22) mit Verschiebmitteln versehen sind, so daß die beiden Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) gegeneinander in einer oder zwei zueinander senkrechten Richtungen (x, y) verschiebbar sind, die im wesentlichen parallel zu den optisch funktionalen Grenzflächen (2, 20, 22) ausgerichtet sind. 30
22. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 17, 18, 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Ablenkeinheit (17) zwei Ablenkelemente (18, 21) umfaßt, die einander zugewandte optische funktionale Grenzflächen (20, 22) aufweisen, die parabolisch konvex bzw. parabolisch konkav geformt sind. 35
23. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung zwei Ablenkeinheiten (13, 17, 25, 28) mit jeweils zwei Ablenkelementen (1, 18, 21, 30) umfaßt. 40
24. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, 23, dadurch gekennzeichnet, daß in den Ablenkeinheiten (13, 25, 28) anstelle von Ablenkelementen (1, 30) Arrays (7) von Ablenkelementen (1, 30) Verwendung finden. 45
25. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkelemente (1, 18, 21, 30) aus für die verwendete Wellenlänge des abzulenkenden elektromagnetischen Strahls (8a-8i; 9; 14a-14c; 15a, 15b; 16a, 16b; 24; 26; 29a-29c) oder Strahlenbündels zumindest teilweise transparentem Material, beispielsweise aus Quarz oder Glas, gefertigt sind. 50
26. Ablenkvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die optische funktionale Grenzfläche mit einer für die verwendete Wellenlänge des abzulenkenden elektromagnetischen Strahls (8a-8i; 9; 14a-14c; 15a, 15b; 16a, 16b; 24; 26; 29a-29c) oder Strahlenbündels zumindest teilweise reflektierenden Verspiegelung versehen, vorzugsweise mit entsprechendem Material, wie beispielsweise Gold, bedampft ist. 55
27. Ablenkvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung eine Ablenkeinheit (40) umfaßt, die aus

- zwei Ablenkelementen (32, 33) besteht, wobei das erste der Ablenkelemente als bikonvexe Zylinderlinse (32) und das zweite der Ablenkelemente als plankonvexe Zylinderlinse (33) ausgeführt ist, wobei die plane optisch funktionale Grenzfläche (38) der zweiten Zylinderlinse (33) einer der konvexen optisch funktionalen Grenzflächen (38) der ersten Zylinderlinse (32) im wesentlichen gegenüberliegt und wobei die Zylinderachsen der Zylinderlinsen (32, 33) leicht gegeneinander verkippt sind.
28. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung Verschiebmittel umfaßt, die eine gleichzeitige Verschiebung beider Zylinderlinsen (32, 33) bewirken können, um die Ablenkung des Strahls oder des Strahlenbündels (34a-34c) zu verändern, wobei die Verschiebung der Zylinderlinsen (32, 33) vorzugsweise in einer Richtung (x) erfolgen kann, die etwa senkrecht zu der Richtung (z) des abzulenkenden Strahls oder Strahlenbündels (34a-34c) ausgerichtet ist.
29. Ablenkvorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß als Verschiebmittel Piezoelemente Verwendung finden.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---



Fig. 1

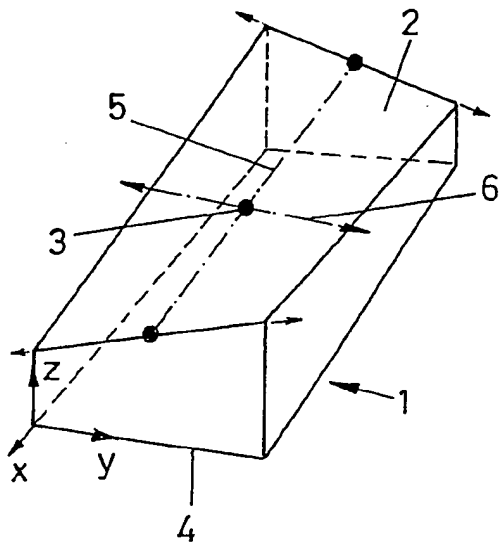


Fig. 2

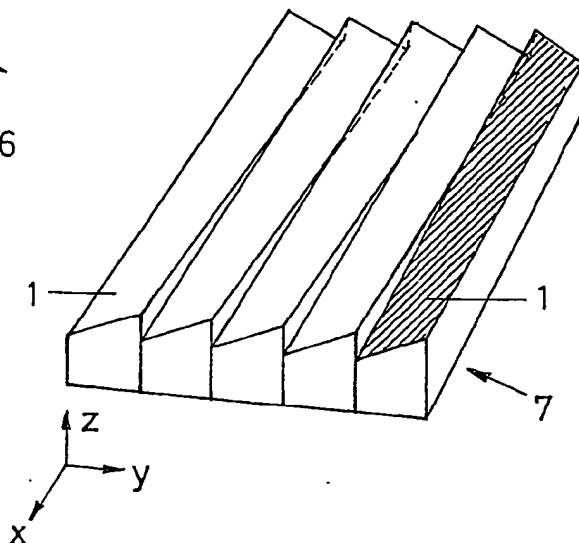


Fig. 3a

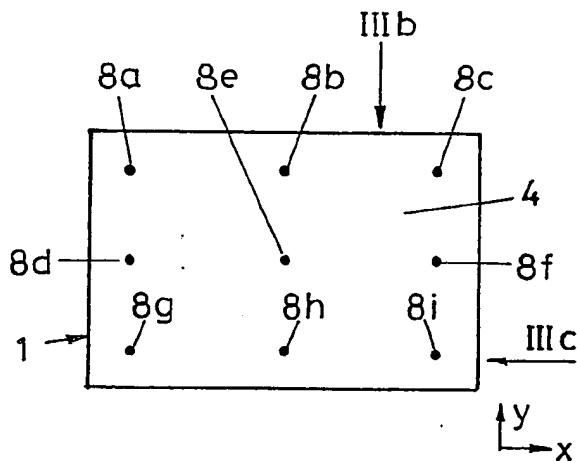


Fig. 3c

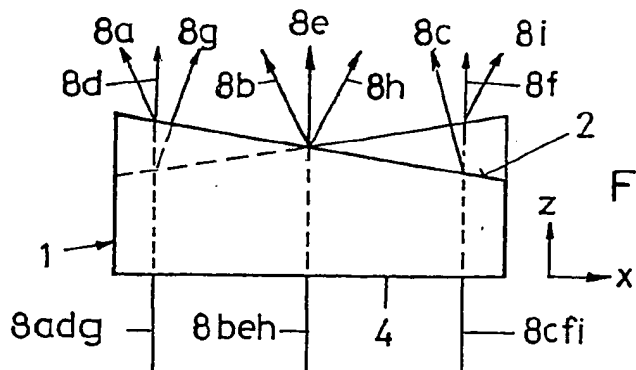
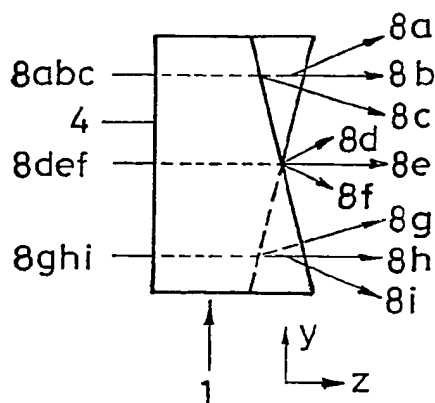


Fig. 3b

Fig. 4a

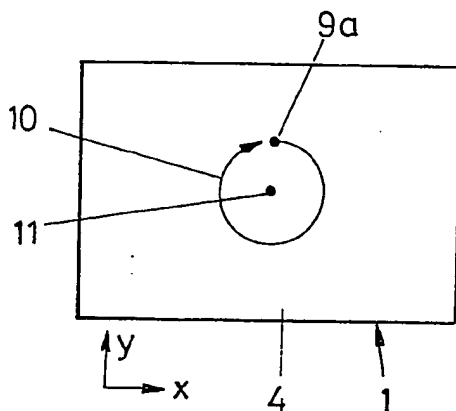


Fig. 4b

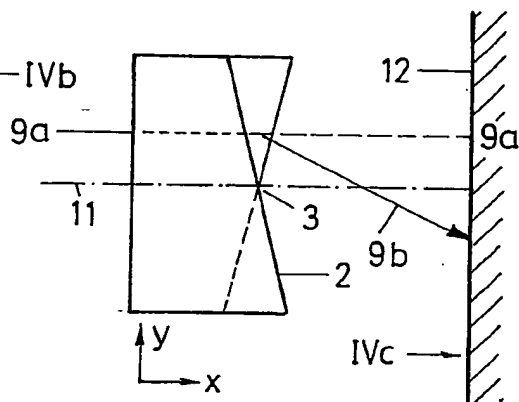


Fig. 4c

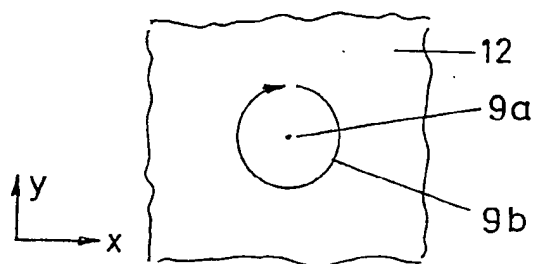


Fig. 5a

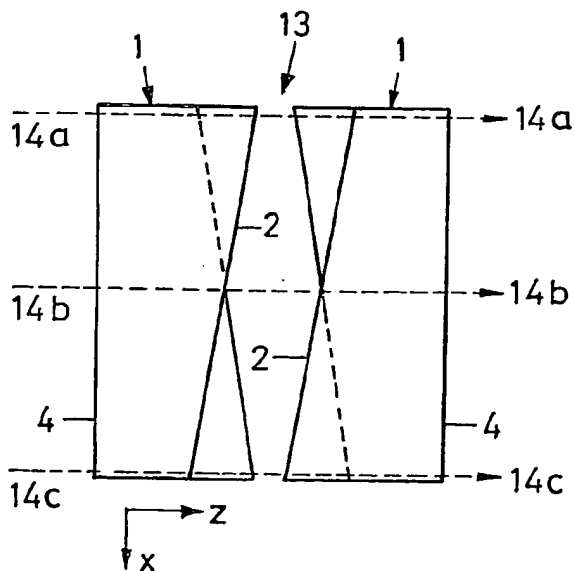


Fig. 5b

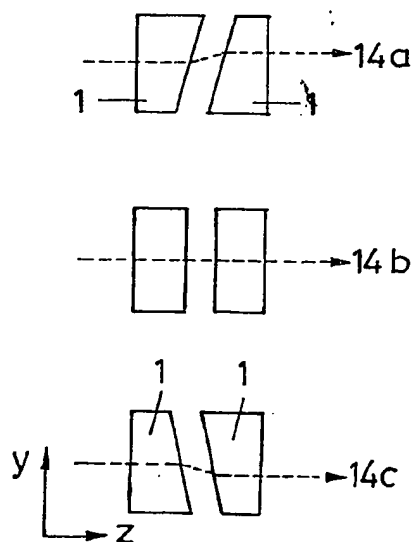


Fig. 6a

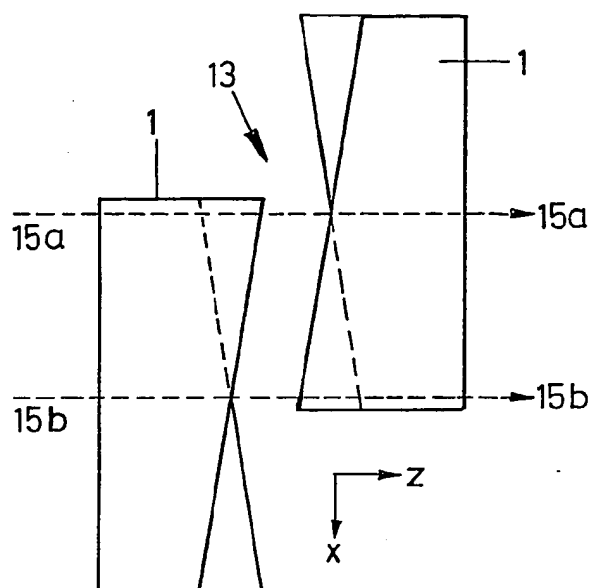


Fig. 6b

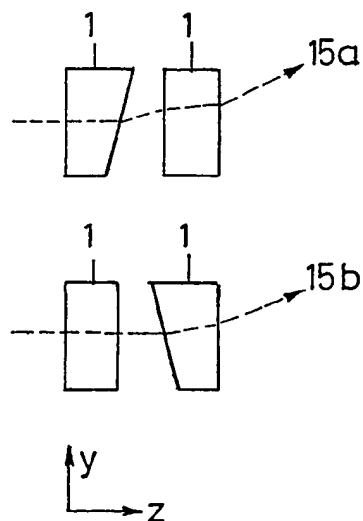


Fig. 7a

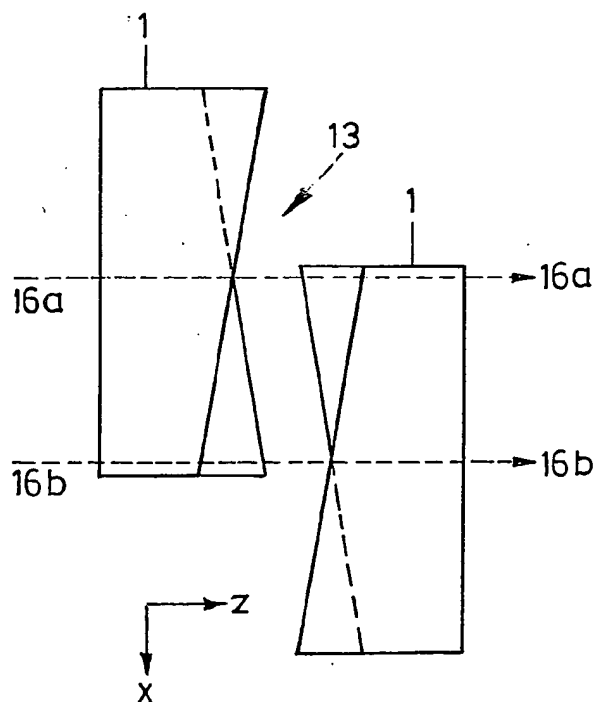


Fig. 7b

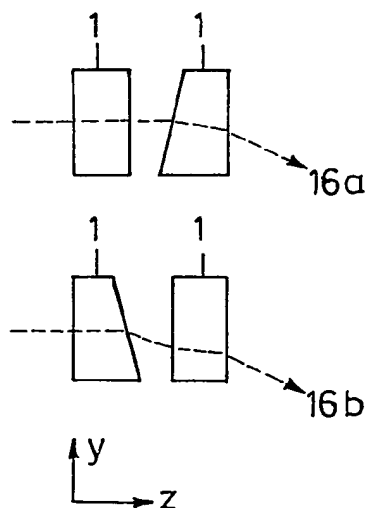


Fig. 9a

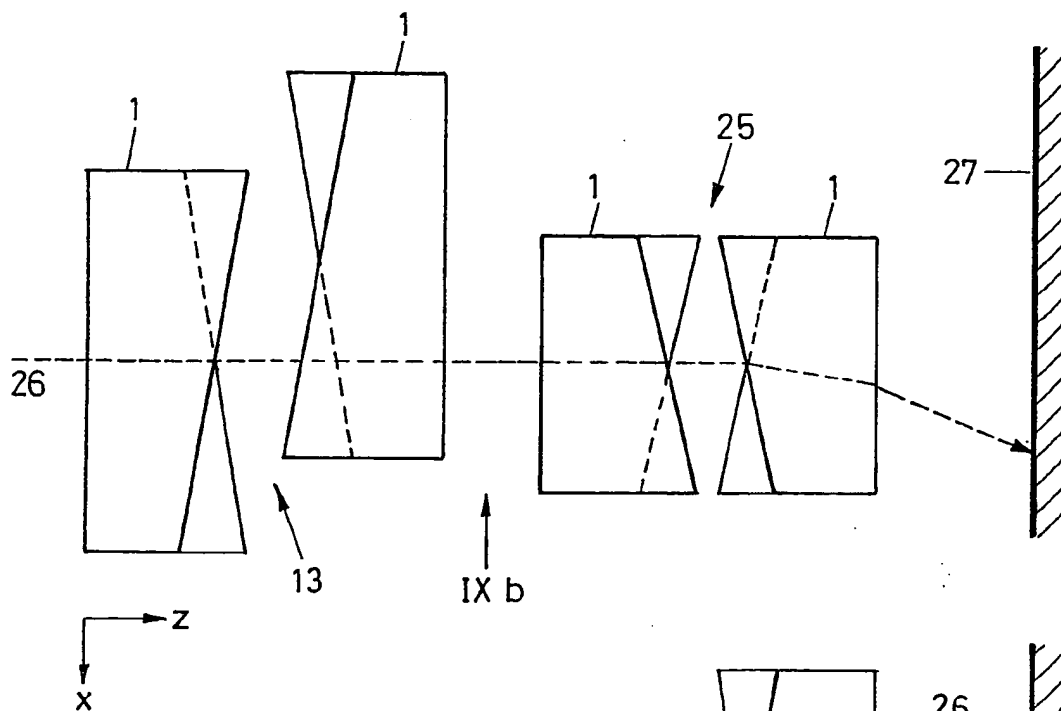


Fig. 9b

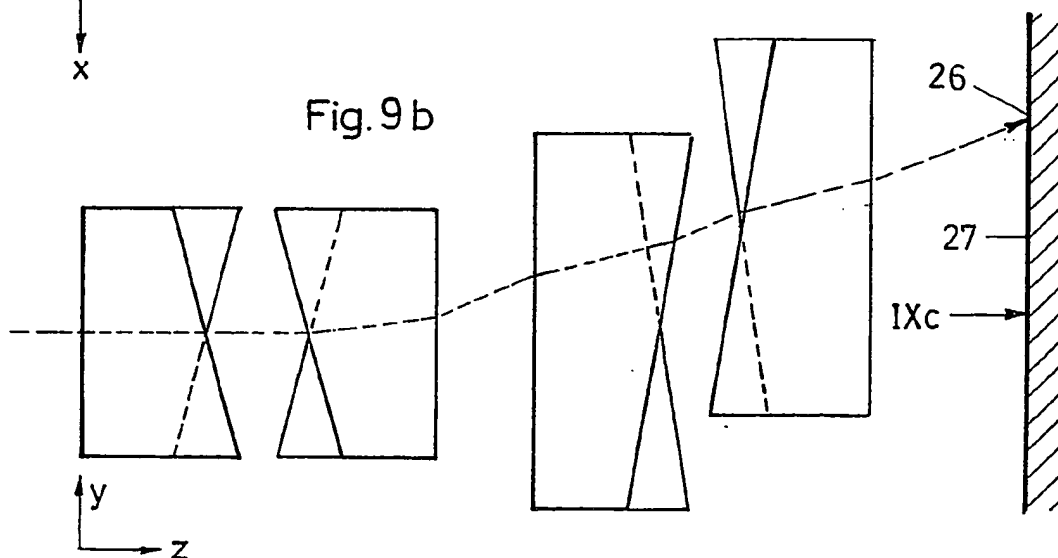
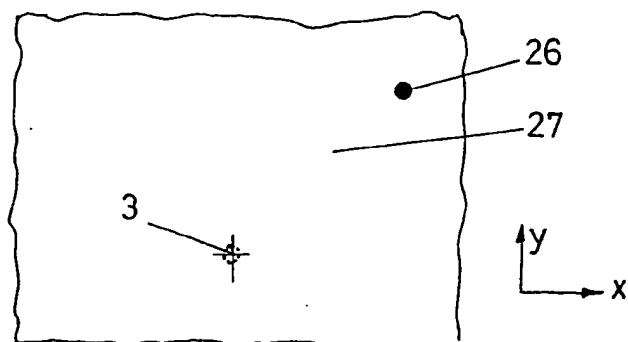


Fig. 9c



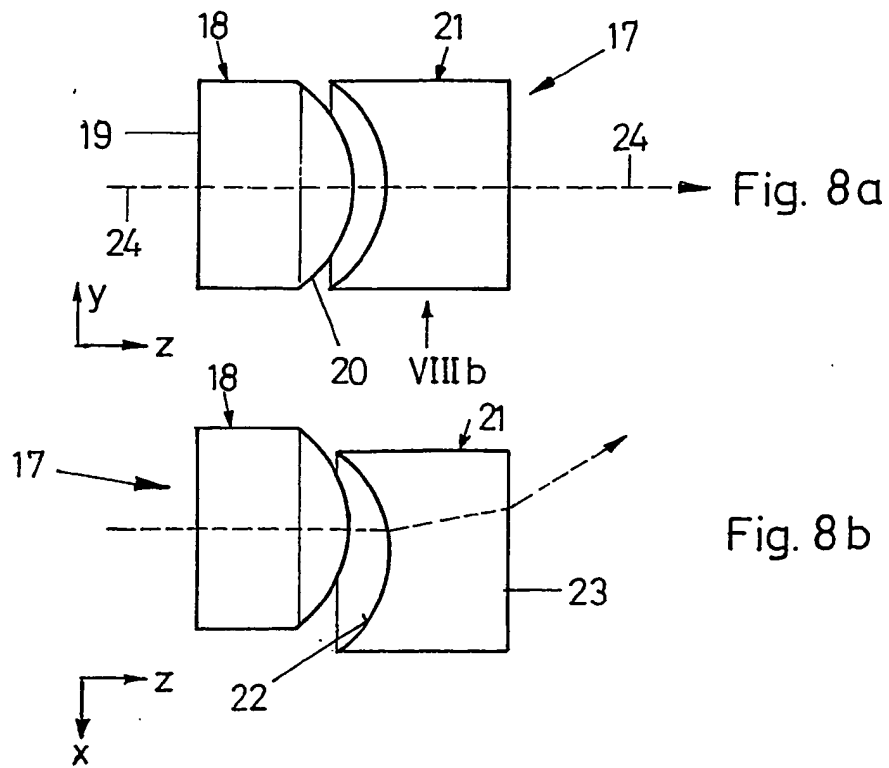


Fig.10

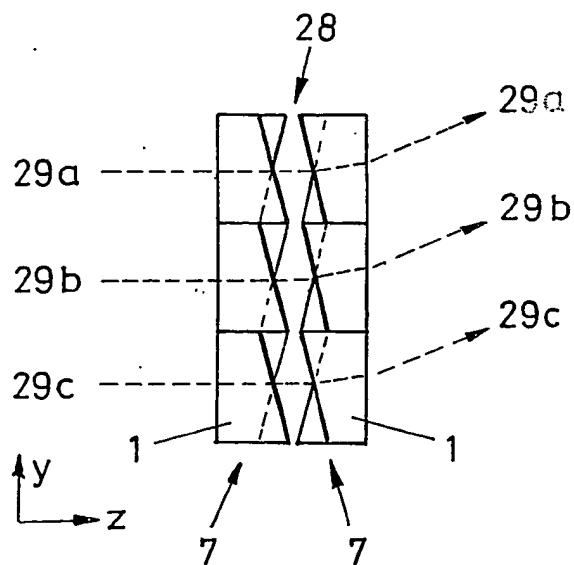


Fig.11

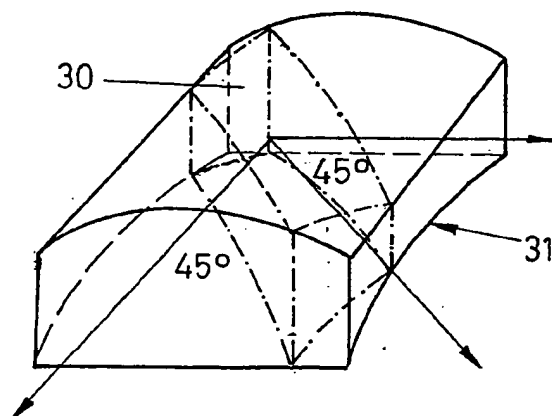


Fig.12

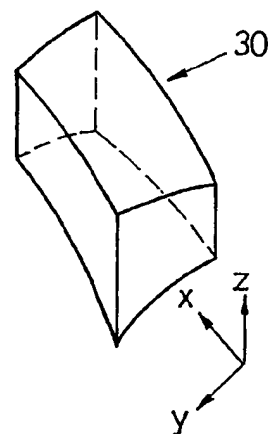


Fig.13

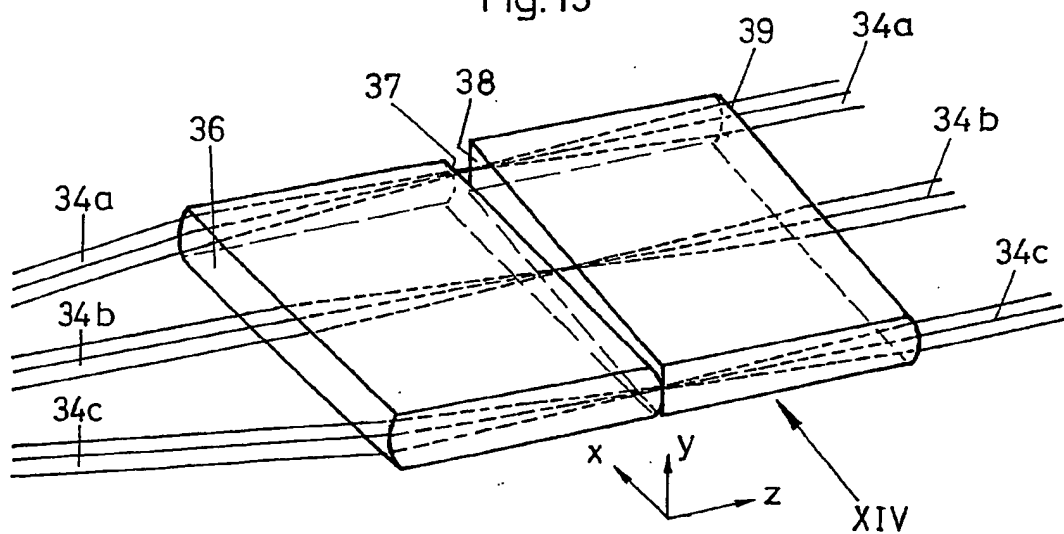


Fig.14

